

# Buletin Ukur

September, 1995

Jilid 6, Nombor 2

ISSN 0128-4274

- Design and Implementation of Computer Programs for Analysis and Detection of Spatial Deformation
- A Conjugate Gradient Approach to Least Squares Analysis of Cadastral Survey Data
- Training for Hydrographic Surveyors at the Center for Hydrographic Studies, Universiti Teknologi Malaysia
  - Analisis Kaedah Kinematik GPS Dalam Penentududukan
- Penentududukan Titik dan Ketinggian Ortometrik Menggunakan Data GPS: Integrasi Perisian GPPS™ dan L3D-HEIGHT
- Sistem-Sistem Fotogrametri Kos Rendah: Satu Perbandingan
- Berita/Notis



Fakulti Ukur dan Harta Tanah  
Universiti Teknologi Malaysia

## BULETIN UKUR

---

Jilid 6, No. 2, September, 1995

PENERBITAN RASMI FAKULTI UKUR DAN HARTA  
TANAH, UNIVERSITI TEKNOLOGI MALAYSIA (UTM)

**Penaung**

Prof. Madya Dr. Ayob. Sharif  
Dekan Fakulti Ukur dan Harta Tanah

**Ketua Editor**

Dr. Mohammed Said Mat Lela

**Editor**

Prof. Madya Ghazali Desa  
Prof. Madya Dr. Abd. Majid Kadir  
Alias Abdul Rahman  
Dr. Azhari Husin  
Dr. A. Hakim Mohammad  
Dr. Megat Ghazali Megat Abdul Rahman

**Type setting**

Alias Abdul Rahman

**Design and Implementation of Computer  
Programs for Analysis and Detection of Spatial  
Deformation**

Halim b. Setan ..... 84

**A Conjugate Gradient Approach to Least  
Squares Analysis of Cadastral Survey Data**

Abdullah Daud and Taher Buyong ..... 99

**Training for Hydrographic Surveyors at the  
Center for Hydrographic Studies, Universiti  
Teknologi Malaysia**

Ayob Sharif and Mohd Razali Mahmud ..... 105

**Analisis Kaedah Kinematik GPS Dalam  
Penentuan Dudukan**

Abd. Majid Kadir dan Tan Say Kee ..... 113

**Penentuan Dudukan Titik dan Ketigian  
Ortometrik Menggunakan Data GPS: Integrasi  
Perisian GPPS™ dan L3D-HEIGHT**

Khairul Anuar Abdullah dan  
Tajul Ariffin Musa ..... 125

**Sistem-Sistem Fotogrametri Kos Rendah: Satu  
Perbandingan**

Anuar Ahmad ..... 134

Berita/Notis .....

## Penentududukan Titik dan Ketinggian Ortometrik Menggunakan Data GPS : Integrasi Perisian GPPS™ dan L3D-HEIGHT

Khairul Anuar bin Hj. Abdullah, Ph.D  
 Panel Ujur Industri dan Hidrografi  
 Fakulti Ukur dan Harta Tanah  
 Universiti Teknologi Malaysia  
 E-Mail : khairul@fu.utm.my

Tajul Ariffin bin Musa  
 Fakulti Ukur dan Harta Tanah  
 Universiti Teknologi Malaysia

### Abstrak

Didalam kerja penentududukan lesen dibumi dan penentuan ketinggian ortometrik menggunakan data satelit GPS, beberapa langkah pemprosesan data perlu dilakukan. Data cerapan yang dikutip oleh alat penerima GPS dipadung oleh proses dahulu sebelum digunakan didalam suatu pelarasan jaring geodetik untuk mendapatkan nilai koordinat setiap stesen yang telah diduduki oleh penerima. Antara perisian yang boleh digunakan bagi pra-pemprosesan ialah GPPS™, Fasil dan pra-pemprosesan kemudiannya digunakan didalam satu perisian pelarasan jaring geodetik seperti L3D-HEIGHT. Masalah timbul apabila terdapat ketidakserasian diantara hasil keluaran GPPS™ dan format masukan cerapan L3D-HEIGHT. Kertas kerja ini membentangkan langkah-langkah yang diambil serta perisian yang telah dihasilkan bagi mengatasi masalah tersebut.

### 1.0 PENGENALAN

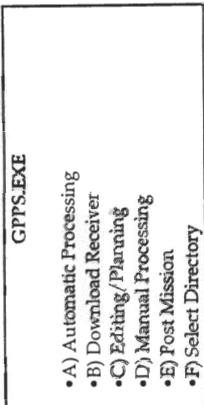
Apa yang kita peroleh daripada alat penerima GPS dipadung hanya lah merupakan data cerapan (contohnya jarak semua, fasa pembawa, cerapan Doppler dan lain-lain) yang mana perlu diproseskan supaya beza koordinat bagi tujuan penentududukan stesen yang diduduki dapat dihitug. Terdapat banyak perisian perisian yang telah dipasarkan untuk tujuan tersebut tetapi kebanyakannya adalah 'equipment dedicated' iaitu dikeluarkan khas untuk satu jenis alat penerima GPS. Di Fakulti Ukur dan Harta Tanah, alat penerima yang sedia ada berjenama Ashtech™ yang menggunakan perisian yang dikenali sebagai GPPS™ untuk kerja pra-pemprosesan. Dengan menggunakan perisian GPPS™ ini data cerapan yang dikutip dibuat pra-pemprosesan supaya hasilnya dapat digunakan didalam suatu perisian pelarasan jaring geodetik untuk penentuan koordinat stesen yang telah diduduki. Untuk tujuan ini terdapat banyak juga perisian perisian yang boleh digunakan dan salah satu daripada nya ialah L3D-HEIGHT (Khairul, 1994a) yang sedia ada di Fakulti Ukur dan Harta Tanah. Perisian L3D-HEIGHT ini dipilih kerana dan kemampuannya menghasilkan ketinggian ortometrik secara terus serta koordinat stesen-stesen menggunakan data GPS (Khairul, 1994a).

Sepertimana yang sering dihadapi oleh perisian perisian yang dibuat secara bebas, satu situasi terdapat ketidakserasian akan timbul apabila satu cubaan menggabungkan dua atau lebih perisian perisian tersebut supaya menjadi satu sistem yang dapat menyelesaikan suatu masalah. Perkara yang sama juga terjadi apabila perisian GPPS™ mahu digunakan bersama L3D-HEIGHT. Walaupun bagaimanapun perkara ini boleh diatasi dengan menggunakan satu perisian lain yang bertindak sebagai jambatan yang dapat menggabungkan kedua dua perisian tersebut. Kertas kerja ini cuba membincangkan bagaimana perisian

GPPS™ dapat digunakan bersama L3D-HEIGHT bagi tujuan penentududukan stesen serta hitungan ketinggian ortometrik menggunakan data GPS.

### 2.0 PERISIAN GPPS™

Pra-pemprosesan dengan perisian GPPS™ terdiri daripada beberapa langkah yang telah tersedia didalam menu utama (lihat rajah [1]). Antara langkah-langkah pra-pemprosesan untuk mendapatkan maklumat garis dasar diantara stesen-stesen yang diduduki dijelaskan dibawah.



Rajah 1 Menu Utama Perisian GPPS™

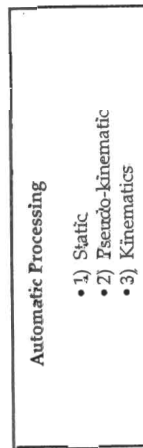
### 2.1 Penurunan Data (Data Downloading)

Data cerapan yang disimpan dalam memori alat penerima GPS dipindahkan kedalam komputer melalui arahan 'download receiver' seperti yang terdapat didalam menu utama. Arahan ini akan menjalankan modul 'Hose.exe' yang terdapat didalam perisian GPPS™. Fail fail yang terjana selepas proses penurunan ini adalah seperti berikut:

- B-Fail : Fail Pengukuran (binary)
- E-Fail : Fail efemeris (binary)
- A-Fail : Fail ramanalan orbit satelit (ascii)
- S-Fail : Fail informasi stesen (ascii)

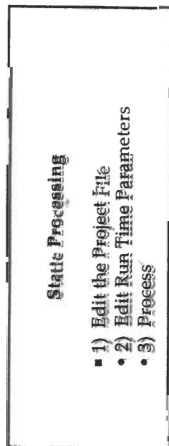
### 2.2 Pemprosesan Automatik

Arahan dibahagian A didalam menu utama seperti dalam rajah [1] akan melaksanakan pemprosesan automatik perisian GPPS™. Bagi memproses hasil cerapan, teknik pemrosesan secara statik dipilih dari menu 'automatic processing', bersesuaian dengan teknik cerapan statik yang telah dilakukan semasa kerja padang (lihat rajah [2]).



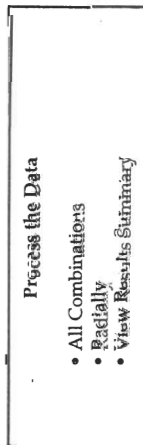
Rajah 2 Menu Automatic Processing

Dibawah menu statistik pula terdapat submenu pemprosesan statistik seperti dalam rajah (3) dibawah:



Rajah 3 Pemprosesan Statistik

- **Edit the Project File:** bertujuan memasukkan nilai stesen yang diketahui kedudukannya serta menyatukan stesen yang tidak diketahui kedudukannya. Pada peringkat ini juga ketinggian antenna dapat dimasukkan dan nilai bagi antenna dapat dimasukkan. Setelah selesai memasukkan nilai stesen yang diketahui ke dalam fail, ia akan disimpan.
- **Edit Run-Time Parameters:** opsyen ini digunakan bagi mengawal proses hitungan garis dasar yang akan dilaksanakan. Dalam pemprosesan statistik yang normal, hanya beberapa parameter sahaja yang perlu diubah antaranya 'cut-off angle' dan 'data to process'. Selalunya nilai 'default' digunakan bagi tujuan pemprosesan statistik.
- **Process:** pula melaksanakan hitungan garis dasar secara statistik. Dibawah opsyen ini mengandungi submenu seperti berikut (rajah (4)):



Rajah 4 Pemprosesan Data

Dalam kajian ini, arahan 'all combinations' digunakan dan ia bermaksud menggunakan kesemua garis-garis dasar yang wujud. Arahan ini mengaktifkan 4 modul perisian GPSW iaitu:

1. **Comnav.exe:** modul ini menghasilkan fail navigasi dari setiap E-file yang ada pada direktori kerja. E-file ini diperolehi semasa proses penurunan data.
2. **Makeutil.exe:** modul ini menggunakan data fasa dari B-file dan data elementis dari E-file untuk melakukan hitungan kedudukan anggaran bagi setiap stesen dalam sistem tiga dimensi. Modul ini akan menghasilkan satu fail yang dinamakan U-file.
3. **Linescomp.exe:** modul terakhir dalam proses statistik ini. Modul ini akan menghitung beza koordinat dari kesemua garis dasar dan menghasilkan fail-jawapan beserta dengan statistik. Fail-jawapan ini dikenali sebagai O-file. Setiap pasangan garis dasar yang diproses akan menghasilkan O-file yang berasingan. Terdapat tiga penyelesaian didalam O-file yang dikenali sebagai:

- **Triple Difference:** menyelesaikan hitungan garis dasar kepada keketuan beberapa declinometer. Beza koordinat yang dihasilkan dianggap sebagai nilai anggaran untuk

- pemprosesan seterusnya.
- **Float Double Difference:** menghitung garis dasar dan juga nilai integer ambiguity secara serentak. Kesan 'cycle slips' akan dibetulkan pada peringkat ini.
- **Fixed Double Difference:** menghitung garis dasar dengan mengambil ambiguiti yang diselesaikan dalam Float Double Difference dan ditetapkan nilai-nilainya. Penyelesaian ini merupakan penyelesaian yang terbaik dalam hitungan garis dasar. Contoh hasil dari penyelesaian ini dapat dilihat dalam rajah [5].

### 3.0 PERISIAN L3D-HEIGHT

Perisian L3D-HEIGHT adalah satu perisian yang dapat melakukan anggaran serta analisis kuantitatif koordinat tiga dimensi, ketinggian ortometrik serta parameter transformasi koordinat daripada data GPS dan terrestrial (Khairul, 1994a). Perisian L3D-HEIGHT menggunakan teknik statistik kuasdua terdikit (least square statistical adjustment) dalam membuat pelarasan jaringan geodetik. Secara amnya penggunaan perisian ini dapat diringkaskan seperti carta alir dalam rajah [6].

- **Masukan Cerapan:** buat masaknya perisian ini dapat mengendalikan tujuh jenis cerapan sebagai masukan iaitu:
  1. Cerapan garis dasar yang terdiri dari tiga vektor yang diberikan dalam beza koordinat kartesian diantara dua stesen iaitu,  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$  dan  $\Delta Z$ .
  2. Cerapan koordinat kartesian relatif yang merupakan satu set koordinat kartesian dua atau lebih stesen yang dirujuk ke salah satu stesen dalam set tersebut.
  3. Cerapan koordinat ortometrik yang terdiri dari satu set koordinat kartesian satu atau lebih stesen. Koordinat tersebut adalah dirujuk kepada datum yang telah didefinisikan.
  4. Koordinat geodetik tiga dimensi yang terdiri dari satu set koordinat geodetik mutlak dalam bentuk latitud, longitud dan ketinggian didalam suatu datum yang diketahui.
  5. Cerapan ketinggian ortometrik iaitu satu set ketinggian yang diukur merujuk kepada permukaan geoid.
  6. Cerapan beza tinggi ortometrik yang terdiri dari satu set nilai beza tinggi diantara sebilangan pasangan stesen.
  7. Cerapan tinggi geoid yang merupakan satu set beza tinggi diantara tinggi elipsoid dan tinggi ortometrik satu stesen.
- **Struktur Masukan Cerapan:** cerapan dimasukkan kedalam perisian dengan mengikut satu format yang telah ditetapkan. Susunan format masukan cerapan ialah seperti berikut:

- a) kod cerapan
- b) kod sistem koordinat
- c) nama stesen
- d) nilai cerapan
- e) matriks varians kovarian yang berkaitan.

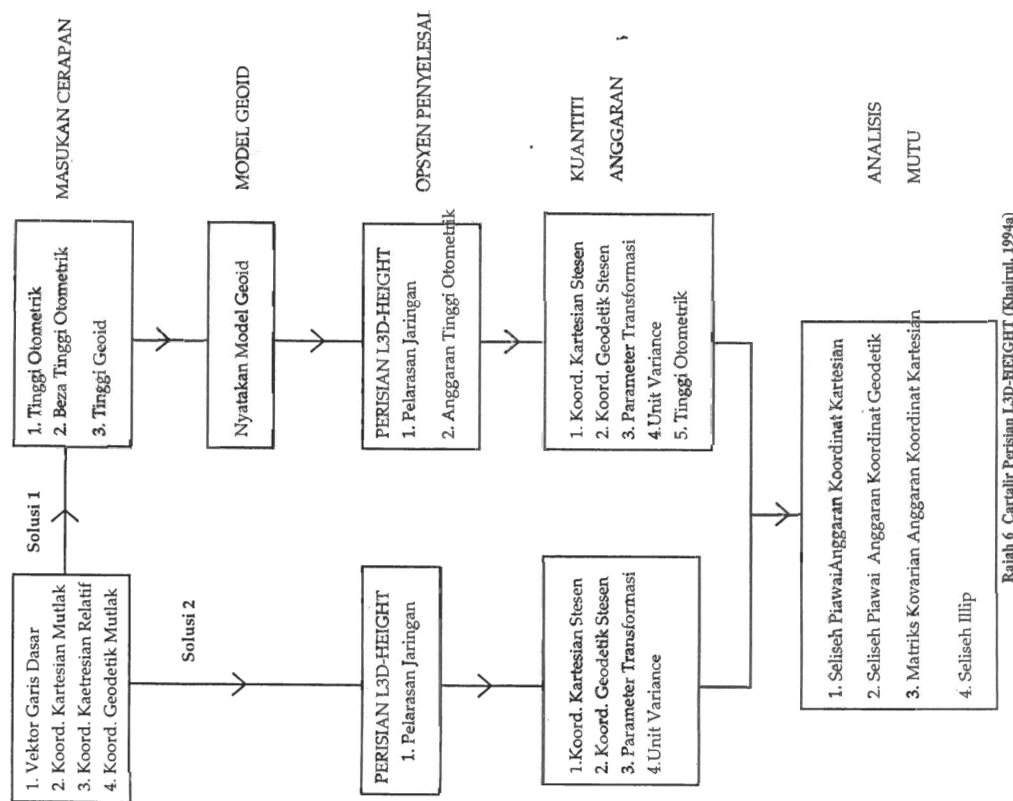
Kod cerapan merupakan satu nilai integer yang unik diantara 1 dan 7 yang telah ditetapkan dan diberikan kepada setiap jenis cerapan yang dinyatakan diatas. Perisian akan memahami jenis cerapan yang dimasukkan melalui kod ini.

Kod sistem koordinat pula merupakan satu nilai integer yang unik diantara 1 dan 100. Nilai ini diberikan secara bebas oleh pengguna sebagai tanda kepada cerapan cerapan yang akan

dikelompokkan dalam satu set seperti mempunyai sistem koordinat yang sama atau cerapan cerapan tersebut dikutip pada masa atau epok yang sama. Penjelasan yang lebih tepat boleh didapati didalam Khairul (1993).

THE FIXED DOUBLE DIFFERENCE SOLUTION (L1)																								
Measure of geometry: 0.000001 Wavelength = 0.190294 (m/cycle)																								
num_meas = 709 num_used = 708 rms_resid = 0.005052(m)																								
Post-Fit Chisq = 277.894 NDF = 6.556																								
Integer Search Ratio = 178.567																								
Reference SV : 22	Integer Search Ratio		Meas	SV	Ambiguity	FT	Meas																	
SV	Ambiguity	FT	Meas	SV	Ambiguity	FT	Meas																	
1	-174788.00X	0.021	164	21	11494865.000X	0.017	169																	
23	2463498.000X	0.041	67	25	2005590.000X	0.028	169																	
28	14052143.000X	0.030	19																					
Sigma (m): 0.004321																								
Sigma (m): 0.005818																								
Sigma (m): 0.001960																								
x	1.00	y	1.00	z	1.00																			
y	-0.39y	1.00	0.12	1.00																				
z	0.03z	0.12	1.00																					
Del_stations: 0.000000 0.000000 0.000000																								
Station1: FIXED STATION Station2: UNKNOWN STATION																								
(000000) (BC10) (000000) (BP01)																								
Latitude: 1.56992222 1 34 11.72000 1.59759768 1 35 51.35166																								
E-Long: 103.64488333 103 38 40.50000 103.64486173 103 38 41.50223																								
W-Long: 256.35541667 256 21 19.50000 256.35513827 256 21 18.49777																								
E-Height: 151.2456 24.4655																								
Baseline vector: 19.7434 -212.6564 3055.5870																								
Mark1_xyz: -1504066.6665 6195967.4609 173575.8718																								
Az1_EH D1: 0.57999 -2.3860 3063.0417																								
E1 N1 U1: 30.9801 3060.2903 -126.7801																								
Mark2_xyz: -1504046.9331 6195754.8045 176631.4587																								
Az2_EH D2: 180.58000 2.3583 3063.0417																								
E2 N2 U2: -30.9791 -3060.2298 126.7801																								
Sun Jul 08 21:25:57 1990																								

Rajah 5 Contoh Maklumat O-File (sebahagian sahaja ditunjukkan disini)



Satu contoh masukan cerapan ke dalam L3D-HEIGHT ialah seperti berikut:

Kod Cerapan : 1 (Garis Dasar)		Kod Sistem : 12	
1	12	Nama Stesen (Dar)	
BC10		Nama Stesen (Ke)	
BP01		$\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$	
19.7434	-212.6564	3055.5870	
0.43210E-02	-0.22690E-02	0.58800E-04	
0.58180E-02	0.19600E-03	0.19600E-02	
		Cerapan (segitiga atas)	

Rajah 7 Contoh Masukan Cerapan

#### 4.0 INTEGRASI GPPS™ BERSAMA L3D-HEIGHT

Dengan adanya maklumat garisdasar yang dihasilkan oleh GPPS™ yang menyambungkan kesemua stesen-stesen yang diduduki oleh alat penerima, maka satu pelarasan jaringan geodetik dapat dilakukan.

Untuk melakukan proses tersebut terdapat masalah ketidakserasian di antara format keluaran GPPS™ (lihat rajah [5]) dan format masukan cerapan L3D-HEIGHT seperti yang telah ditunjukkan dalam rajah [7]. Satu cara mudah yang boleh digunakan ialah dengan membentuk maklumat masukan cerapan dengan cara manual tetapi cara ini adalah tidak efisien serta mengambil masa yang lama. Alternatif yang lebih berkesan ialah dengan menghubungkan kedua-dua perisian tersebut dengan satu perisian yang khas. Satu perisian yang diberi nama GPPSTOL3D telah ditulis dalam bentuk 'interactive' bagi mengumpul maklumat yang diperlukan yang diperolehi oleh L3D-HEIGHT dari O-file yang dikeluarkan oleh perisian GPPS™. Perkara ini sekali pandang nampak mudah tetapi amat rumit sekali untuk dilaksanakan. Ini adalah kerana selain maklumat yang dikehendaki terdapat bermacam-macam maklumat lain juga terdapat didalam O-file yang terpaksa ditapis dan dibuang. Maklumat yang digunakan dari O-file merupakan yang terhasil daripada penyelesaian Fixed Double Difference.

GPPSTOL3D akan membaca kesemua maklumat nama stesen-stesen yang terlibat, nilai garis dasar, nilai nilai varians dan kovarians daripada O-file dan menulis semula kedalam satu fail jawapan mengikut format yang boleh difahami oleh L3D-HEIGHT. Langkah penggunaan GPPSTOL3D boleh diringkaskan seperti carta alir dalam rajah [8]. Butiran yang lebih lengkap mengenai perisian GPPSTOL3D ini boleh dilihat dalam Tajul(1995).

Nama Fail Keluaran

n Bilangan, Fail Masukan  
(O-file)

n Nama Fail Masukan

Rajah 8 Carta alir GPPSTOL3D

- Fail keluaran - perisian ini mengadakan satu fail keluaran yang akan mengandungi maklumat seperti dinyatakan sebelum ini mengikut format masukan cerapan L3D-HEIGHT. Setiap nama fail jawapan yang diberi akan dijana pada direktori perisian ini dijalankan. Pengguna boleh menyatakan sebarang nama fail yang diingini samada dengan atau tanpa 'extension'.
- Bilangan Fail Masukan - perisian ini memerlukan pengguna memberikan bilangan fail masukan yang terdapat pada direktori yang dijalankan. Fail masukan ini adalah merupakan yang dihasilkan oleh GPPS™. Pengguna boleh menggunakan arahan ke DOSHELL bagi melihat bilangan O-file yang terdapat pada direktori yang berada. Tiada had bagi bilangan O-file yang ingin dimasukkan.
- Nama Fail Masukan - perisian ini memerlukan pengguna menyatakan nama setiap O-file yang ingin diproses. Perisian ini akan menanyakan sehingga n kali bilangan nama O-file yang telah ditanyakan sebelumnya.

Satelah selesai menjalankan perisian ini satu fail keluaran seperti dalam langkah pertama akan terhasil. Fail ini boleh terus digunakan sebagai fail masukan cerapan bagi menjalankan perisian pelarasan jaringan geodetik L3D-HEIGHT. Sebagai contoh, maklumat O-file yang diberikan dalam rajah [5] telah digunakan untuk mendapatkan maklumat masukan cerapan seperti yang ditunjukkan oleh rajah [7]. Pemakaian L3D-HEIGHT didalam penentuan kedudukan titik serta tinggi ortometrik dapat dilihat dengan lebih lengkap dalam Khairul(1994b).

#### 5.0 KESIMPULAN

Dengan terbentuknya satu perisian yang dapat menghubungkan kedua-dua perisian GPPS™ dan L3D-HEIGHT, penggunaan teknik GPS bagi penentuan kedudukan stesen-stesen dimaklumi dapat dibuat dengan lebih bersifat automatik. Perkara ini adalah lebih ketara didalam kerja kerja yang memerlukan penentuan ketinggian ortometrik yang mana perisian L3D-HEIGHT mampu memberikan penyelesaian yang diperlu.

#### Penghargaan

Kajian ini ialah sebahagian daripada projek penyelidikan yang disokong oleh Unit Penyelidikan dan Pembangunan (UPP), UTM melalui Vot. No. 61555. Penulis ingin merakamkan setinggi penghargaan kepada UPP atas peruntukan kewangan bagi membolehkan kajian ini dijalankan. Terima kasih juga diucapkan kepada Zuber Che Tak, Hassan Ithnin serta Bakri Mohd. Dahlan atas kerjasama mereka didalam menyiapkan kajian ini. Penyuntingan yang telah dilakukan oleh Dr. Abdul Majid Kadir amatlah dihargai.

#### RUJUKAN

- Ashtech (1990). *Ashtech XII GPS Post Processing System*. Ashtech Inc., California, U.S.A.
- Khairul A. Abdullah (1993). *Program for the Adjustment And Analysis of Large Three Dimensional Networks*. User Manual, Department of Surveying, University of Newcastle upon Tyne, U.K.
- Khairul A. Abdullah (1994a). *The Design of L3D-HEIGHT for Orthometric Height Determination Using GPS and Terrestrial Geodetic Data*. Buletin Ukur, Jilid 5, No.2, Fakulti Ukur dan Harta Tanah, UTM.
- Khairul A. Abdullah (1994b). *Taking the Spirit Out of Levelling*. Buletin Ukur, Jilid 5, No.3, Fakulti Ukur dan Harta Tanah, UTM.

Tajul Ariffin Musa (1995), *Integrasi L3D-HEIGHT Dan GPPS™*, Projek Sarjana Muda Ukur (Tanah), Fakulti Ukur Dan Harta Tanah, UTM.



**Dr. Khairul Anuar Hj. Abdullah**  
Dr. Khairul Anuar Hj. Abdullah telah berkhidmat dengan Fakulti Ukur dan Harta Tanah (FUHT) sebagai Pensyarah sejak 1980. Mendapat perencanan Sarjana Muda Ukur (Tanah) dan UTM, M.Enginering dari UNB, Canada dan Ph.D dari University of Newcastle upon Tyne, United Kingdom. Masekini beliau ialah Ketua Panel Ukur Industri dan Hidrografi, FUHT. Kecenderungan penyelidikannya adalah dalam bidang aplikasi teknologi GPS dan ukur deformasi.

## Sistem-Sistem Fotogrametri Kos Rendah: Satu Perbandingan

Anuar Ahmad  
Panel Remote Sensing dan Fotogrametri  
Fakulti Ukur dan Harta Tanah  
Universiti Teknologi Malaysia

### Abstrak

Kertas kerja ini mengutarakan satu perbandingan beberapa sistem fotogrametri kos rendah yang menggunakan kamera metrik format kecil. Dari perbandingan kerja ini didapati ada satu sistem yang boleh menghasilkan ketepatan yang hampir sama dengan hasil dari alat plot analitik. Oleh itu sistem yang didapati boleh digunakan bagi menggantikan gunapakai fotogrametri.

### 1.0 PENGENALAN

Kebanyakan alat-alat plot analitik yang terdapat di pasaran direkabentuk bagi menyelesaikan masalah-masalah fotogrametri sama ada fotograf yang di ambil dengan kamera berpengkalan di bumi atau di udara. Kebiasannya fotograf-fotograf di ambil dengan menggunakan kamera metrik format besar (230 mm x 230 mm). Tetapi hari ini penggunaan kamera metrik dan bukan metrik berformat kecil (saiz format hingga 70 mm) telah meningkat dan meluas untuk berbagai bidang. Walaupun fotograf diambil dari kamera format kecil, masalah bagi mendapatkan maklumat metrik melalui kaedah fotogrametri telah dapat di selesaikan dengan adanya alat plot analitik. Alat plot analitik mampu menyelesaikan masalah-masalah fotogrametri samada fotograf-fotograf di ambil dari kamera metrik atau kamera bukan metrik serta samada fotograf yang mempunyai format berbagai saiz. Walaupun demikian harga alat-alat plot analitik di pasaran masih mahal (RM 200 000 - RM 800 000). Akibatnya tidak banyak organisasi ukur dan pemetaan yang mampu memiliki alat plot analitik walaupun disedari bahawa hasil yang diberikan berketepatan tinggi.

Kesan dari kurang kemampuan memiliki alat plot analitik, tetapi disebabkan pula terdapat peningkatan penggunaan kamera metrik dan kamera bukan metrik format kecil, hari ini telah terdapat di pasaran beberapa sistem fotogrametri analitik kos rendah. Jumlah kos bagi sistem yang lengkap (iaitu perkakasan dan perisian) adalah sekitar RM 5 000 - RM 200 000. Harga ini boleh dikatakan lebih rendah dari kos alat plot analitik yang lengkap. Kos yang rendah bagi sistem fotogrametri ini menjadikan teknik fotogrametri lebih menarik kepada ramai pengguna. Sebagagian daripada sistem-sistem fotogrametri kos rendah ini menggunakan imej berdigitimnala sebahagian yang lain menggunakan fotograf salinan keras (cetakan atau diapositif). Di samping itu kesmua sistem-sistem fotogrametri kos rendah menggunakan komputer peribadi.

Kertas kerja ini membincangkan hasil dari empat sistem fotogrametri kos rendah dengan hasil dari alat plot analitik Zeiss Planicom P3 dalam satu penyelidikan yang dijalankan (Anuar, 1992).

### 2.0 SISTEM FOTOGAMETRI KOS RENDAH

Sistem-sistem yang digunakan untuk perbandingan adalah FOTOMASS, Ada, Technology MPS-2, Leica DVP (Digital Video Plotter) dan Leica ELCOVISION 10. Semua sistem-sistem ini direkabentuk